

Evaluación del *Bromus rubens* como cubierta vegetal en varios olivares de la zona media del Valle del Guadalquivir.

Gómez, J.A.¹, Lora, A.², Pérez, R.³, Sánchez, F.⁴, Soriano, M.A.⁵

¹ Instituto de Agricultura Sostenible, IAS-CSIC. Alameda del Obispo S/N, 14004. Córdoba. joseagomez@ias.csic.es

² Departamento de Ingeniería Forestal, Universidad de Córdoba. ETSIAM, 14080 Córdoba.

³ Departamento de Ingeniería Rural, Universidad de Córdoba. Campus Rabanales, 14071 Córdoba.

⁴ Departamento de Zoología, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba.

⁵ Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba.

RESUMEN

Este trabajo presenta varios ejemplos de uso de *Bromus rubens* como cubierta vegetal en las calles de olivares de riego y secano situados en la zona media del Valle del Guadalquivir, en la provincia de Córdoba. La siembra se hizo usando semilla recolectada, en un formato pensado para minimizar el coste de su procesado adaptable a siembra manual o mecánica con abonadora centrífuga. Se muestran cuatro ejemplos de implantación exitosa y se discuten estrategias de manejo para reducir el riesgo de erosión y la competencia por el agua con el olivo, así como para facilitar la autosiembra. También se muestran y discuten dos ejemplos en suelos degradados y con alta presión de herbivoría por conejos en los que su implantación no fue posible. Se pone en perspectiva el impacto que la implantación de cubiertas vegetales tiene sobre la reducción de la erosión hídrica, indicando claramente la necesidad de ofrecer una cobertura efectiva lo antes posible en otoño. En este contexto, especies como *B. rubens* presentan el potencial de ser una alternativa para situaciones en las que la vegetación adventicia u otras especies sembradas no son capaces de proporcionar esa cobertura, dada la facilidad de *B. rubens* para su autosiembra con emergencia temprana. Aunque es necesario seguir trabajando en aspectos aún no completamente resueltos, como por ejemplo ofrecer semilla a un precio aún más asequible o un conocimiento más detallado de su fenología, la información disponible a fecha de hoy (y que se resume en este trabajo) permite diseñar diferentes estrategias de implantación de *B. rubens* adaptadas a diferentes situaciones, gracias a las características de su ciclo (bien adaptado a las condiciones mediterráneas), rusticidad y facilidad de germinación y dispersión.

Palabras clave: erosión, cubierta autóctona, cultivo leñoso, autosiembra.

INTRODUCCIÓN

El olivar, por las características de su cultivo normalmente localizado en zonas en pendiente y con una cobertura parcial del suelo por el árbol, requiere de un adecuado manejo del suelo para prevenir su degradación por erosión acelerada. Está demostrado que cuando el manejo de suelo en el olivar se realiza mediante un sistema basado en suelo desnudo se alcanzan niveles de erosión hídrica insostenibles (Gómez et al., 2014; Alcántara et al., 2017). Así, medidas experimentales indican pérdidas de suelo muy altas en años lluviosos, por ejemplo 71 toneladas por hectárea de suelo perdido medidas por Gómez et al. (2016) en un olivar sobre una pendiente del 12% manejado mediante laboreo con cultivador en el Aljarafe sevillano, durante el año hidrológico 2009-2010. Un elemento imprescindible para el control de la erosión en olivar es el uso de cubiertas vegetales temporales que protejan el suelo durante otoño-invierno, y que se controlan química o mecánicamente a principios de primavera para prevenir la competencia con el olivo por el agua (Alcántara et al., 2017). Mediante el uso de estas cubiertas vegetales temporales se puede reducir la erosión hídrica a límites tolerables, a la vez que se mejoran las propiedades de la capa superior de los suelos, por ejemplo aumentando su contenido en materia orgánica, lo que entre otros beneficios los hace más resistentes ante la erosión.

Para que estos efectos beneficiosos de las cubiertas vegetales ocurran es necesario que se alcance la mayor cobertura de suelo posible durante todo el periodo de lluvias. Si estas cubiertas se establecen en franjas muy estrechas, o de manera pobre durante el otoño y principios de invierno, su efectividad en el control de la erosión será muy reducida con respecto a su potencial (Gómez y Giráldez, 2009). Lo mismo ocurre con su potencial para mejorar las propiedades del suelo, como por ejemplo su contenido en carbono orgánico (Vicente, 2017). En todos los casos, el beneficio potencial de las cubiertas vegetales solo es aprovechado realmente si la cubierta se implanta de manera efectiva cubriendo de forma adecuada el suelo durante el mayor tiempo posible, en especial durante toda la estación de lluvias.

La cubierta vegetal temporal ideal para olivar debe cumplir una serie de requisitos que se resumen en la Tabla 1. Como todas estas características son difíciles de encontrar en una única especie, y además las condiciones de los diferentes olivares son muy variadas, la literatura ha recogido numerosas alternativas de cubiertas vegetales en olivar durante varias décadas, p. ej., desde Ruíz de Castroviejo (1969) a Alcántara et al. (2017). A pesar de ello la alternativa preferida por los agricultores sigue siendo el uso de la cubierta vegetal espontánea presente en la finca. MAGRAMA (2013) indica que el 97% de los agricultores que usan algún tipo de cubierta vegetal en olivar optan por este tipo de cubierta espontánea, posiblemente por motivos de operatividad y coste, aunque como

se ha comentado anteriormente si la cubierta espontánea no alcanza una cobertura de suelo suficiente, su efectividad en términos de control de la erosión será muy reducida.

Requisitos de la cubierta vegetal óptima en olivar

Ciclo corto.

Emergencia temprana.

Rápida cobertura de suelo.

Facilidad y alta capacidad de autosiembra.

Fácil control mediante métodos mecánicos o químicos.

Escasa altura.

Sistema de raíces denso y superficial.

No huésped de plagas o enfermedades.

Habilidad para movilizar nutrientes del suelo.

Difícil de inflamar.

Persistencia de los residuos.

Tabla 1: Resumen de características ecofisiológicas y agronómicas de una cubierta vegetal óptima para olivar.

Bromus rubens L. (algunos de cuyos nombres comunes son espiguilla, plumerillo rojo, triguera o bromo) es una gramínea anual autóctona que se distribuye en casi todo el territorio de la Península Ibérica, siendo más raro en la Cornisa Cantábrica y hacia el oeste peninsular (Anthos, 2017). *B. rubens* se caracteriza por presentar varios de los atributos identificados en la Tabla 1 como ideales para una cubierta vegetal, entre ellos: ciclo relativamente corto (otoño-invierno-primavera) adaptado a las condiciones mediterráneas, rusticidad, rápida germinación, facilidad y alta capacidad de autosiembra, bajo porte y sistema radical denso y superficial (Soriano et al., 2016). Como tal ha sido citado en estudios preliminares de identificación de especies recomendables como cubiertas vegetales en olivar (e.g., Soler et al., 2004; Aguilera et al., 2012). Nos consta que viene siendo usado por algunos olivareros en diferentes zonas del Sur de España, al menos desde hace 20 años aproximadamente (Manuel Jiménez, comunicación personal). Sin embargo, resulta difícil encontrar en la literatura técnica una descripción detallada del uso de *B. rubens* en olivares comerciales, que pueda

orientar acerca de métodos y densidades de siembra, su comportamiento en campo a lo largo de varios años, y los posibles problemas para su establecimiento. Estos son los objetivos de este trabajo, el cual pretende contribuir a hacer un uso más eficaz de las cubiertas vegetales para el control de la degradación del suelo en olivar y mejora de otros servicios ecosistémicos que proporciona el olivar. Para todo ello creemos que el establecimiento de cubiertas de *B. rubens* puede jugar un papel relevante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló a partir del año agrícola 2013-2014 en cinco olivares comerciales de la provincia de Córdoba (Figura 1), los cuales se han venido monitorizando hasta la actualidad (aunque en este trabajo se presentan los resultados de los dos primeros años agrícolas, 2013-2014 y 2014-2015). En estos olivares, cuyas características principales se resumen en la Tabla 2, se realizaron siembras de *B. rubens* en seis zonas diferentes. Los valores de las propiedades del horizonte superficial del suelo (0-10 cm) se recogen en la Tabla 3, y los de las variables climáticas, obtenidas de dos estaciones agrometeorológicas cercanas a las zonas de estudio (Córdoba y Santaella), en la Tabla 4.

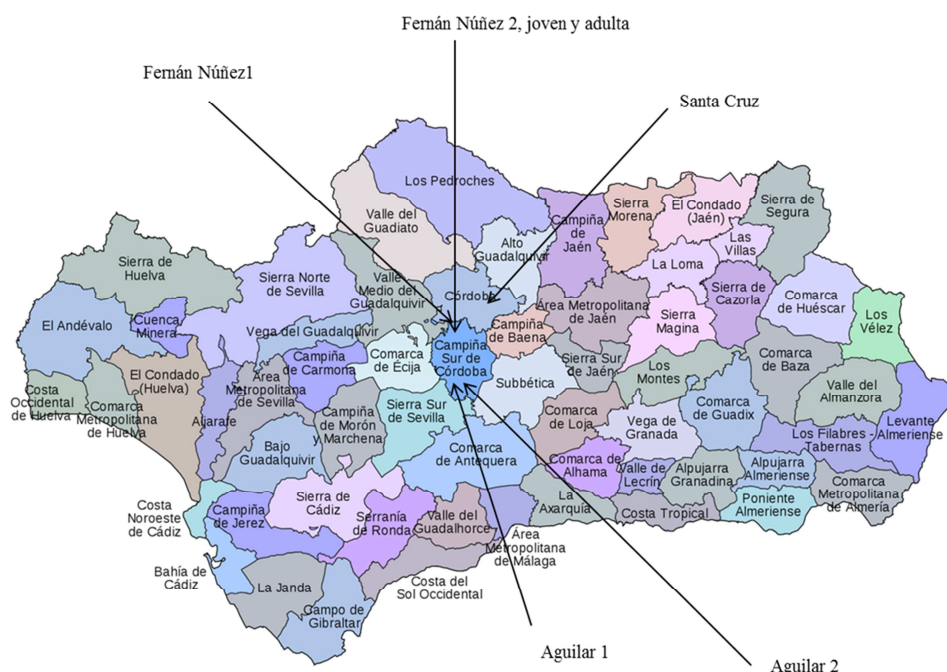


Figura 1: Mapa de localización de las cinco fincas de olivar, en la provincia de Córdoba.

#	Ensayo	Pendiente zona siembra (%)	Tipo de suelo	Superficie sembrada (ha)	Fecha de siembra: año 1	Fecha de siembra: año 2	Método de siembra
1	Fernán Núñez 1	9,6	Vertisol	5,6	04/11/2013	06/11/2014	Pase de cultivador y semilla esparcida a mano; pase de rulo.
2	Fernán Núñez 2 (joven)	7,1	Regosol calcárico	5,36	10/11/2013	17/11/2014	Pase de cultivador y semilla esparcida a mano; pase de rulo.
3	Fernán Núñez 2 (adulta)	14,8	Regosol calcárico	2,52	17/11/2013	08/11/2014	Pase de cultivador y semilla esparcida a mano; pase de rulo.
4	Aguilar 1	10,1	Cambisol calcárico	2,2	22/11/2013	13/11/2014	Pase de cultivador y semilla esparcida a mano; tapado con pase de cultivador.
5	Aguilar 2	3,8	Regosol calcárico	5,4	26/11/2013	12/11/2014	Pase de cultivador y semilla esparcida con abonadora centrífuga; tapado con pase de rulo.
6	Santa Cruz	13,0	Vertisol	0,52	20/11/2013	no	Pase de cultivador y semilla esparcida a mano; tapado con pase de cultivador.

Tabla 2: Resumen de las características de las zonas de siembra de *Bromus rubens* y su localización. Clasificación de suelos de acuerdo a IUSS (2015).

#	Ensayo	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	MO (%)	N Org (%)	P _{asim} (ppm)	K _{asim} (ppm)	pH H ₂ O (1/2,5)	CIC (meq/100g)	CO ₃ (%)	Caliza (%)
1	Fernán Núñez 1	45,4	7,3	47,3	1,07	0,09	8,1	436	8,48	21,9	30,5	11,9
2, 3	Fernán Núñez 2	26,7	40,5	32,8	0,55	0,05	5,9	148	8,85	11,0	34,2	12,1
4	Aguilar 1	39,3	18,9	41,8	1,56	0,10	8,07	189	8,53	27,2	41,2	14,9
5	Aguilar 2	30,1	18,3	51,6	1,30	0,09	12,8	343	8,67	19,1	53,5	16,1
6	Santa Cruz	42,0	15,3	42,7	1,64	0,11	14,7	602	8,44	23,8	33,9	12,7

Tabla 3: Resumen de los valores promedio de propiedades físico-químicas del suelo (0-10 cm profundidad) de cada ensayo.

Estación agroclimática	Años	Lluvia (mm)	ETo (mm)	T media (°C)	Ensayos cercanos
Córdoba	2016-2017	540	1456	18,4	Santa Cruz, Fernán Núñez 1 y 2
Córdoba	2015-2016	507	1396	17,8	
Córdoba	2014-2015	484	1455	18,1	
Córdoba	2013-2014	503	1400	17,0	
Santaella	2016-2017	447	1399	18,7	Aguilar 1 y 2
Santaella	2015-2016	456	1398	17,9	
Santaella	2014-2015	404	1436	18,2	
Santaella	2013-2014	407	1342	17,7	

Tabla 4: Resumen de los valores de lluvia y evapotranspiración de referencia (ETo) acumuladas y temperatura media (T media) para los años agrícolas indicados (datos obtenidos de la red de estaciones agroclimáticas de la Junta de Andalucía; <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/>).

La siembra se hizo a partir de semilla de *B. rubens* adquirida a una empresa especializada, quien la suministró a partir de semilla recolectada en diversas zonas de la provincia de Córdoba. Para minimizar el coste de la semilla esta no se proporcionó en forma de semilla pura, lo cual además habría sido difícil de manejar ya que se trata de una semilla muy pequeña con aproximadamente 500 semillas por gramo (Aguilera et al., 2012), sino después de un primer limpiado, tras el que aún se mantenían restos de la planta y la semilla estaba unida a la lígula (Figura 2). Con este formato de semilla se realizó la siembra a una dosis de 25 kg ha^{-1} , en todos los casos. Esta dosis de siembra en esta presentación (semilla+residuos) se corresponde a $1,48 \text{ g m}^{-2}$ de semilla: Esta dosis se determinó aumentando ligeramente la dosis de siembra usada por Aguilera et al. (2012), quienes usaron 1 g m^{-2} en condiciones controladas en parcelas de 20 m^2 . Este aumento en la dosis de siembra pretende compensar las mayores dificultades de siembra y establecimiento en una superficie grande, en una parcela sometida al sombreado y competencia de los olivos y al tráfico característico en un olivar. La siembra se realizó a voleo a mano, o esparcida mediante abonadora centrífuga (Figura 2). A esta última se le adaptó un brazo agitador construido a propósito para posibilitar que la semilla descendiera dentro de la tolva, debido a la tendencia al apelmazamiento causada por los residuos que acompañaban a la semilla. En todos los casos, en el momento de la siembra se fertilizó con sulfato amónico a una dosis equivalente a $26 \text{ kg de N por hectárea sembrada}$. La siembra se realizó inmediatamente acabada la cosecha del olivar, de ahí las diferencias en las fechas de siembra mostradas en la Tabla 2, y en todos los casos, excepto en Santa Cruz, se sembró una anchura de banda de cubierta de 3 m por calle. En todos los olivares, excepto en Santa Cruz, se siguió la estrategia de sembrar cada año el 50% de las calles, en calles alternas. El objetivo de esta estrategia fue posibilitar la opción de minimizar el tráfico en las calles sembradas y evaluar la viabilidad de realizar siembras progresivas, con el fin de repartir la necesidad de inversión en la semilla y el riesgo de fallo de la siembra por falta de lluvia algún año. En Santa Cruz, al tratarse de una siembra asociada a un experimento de balance de agua, se realizó la siembra de todas las calles el primer año y en este caso la siembra se realizó a cobertura completa, incluido bajo las copas de los olivos. En todos los casos la cubierta se segó mecánicamente a mediados-finales de primavera.

El seguimiento del establecimiento, desarrollo y cobertura del suelo de *B. rubens* se realizó mediante la obtención de fotografías periódicas de la cobertura de suelo, del registro de la fenología (siembra/emergencia, antesis y madurez) y de la medida de la biomasa aérea producida al final del ciclo. Estos experimentos de campo se completaron con ensayos en maceta en umbráculo para comprobar la capacidad de germinación de la semilla y la respuesta de la planta al corte para simular los daños por herbivoría.



Figura 2: Aspecto de la “semilla” sembrada (semilla+residuos planta) dentro de la abonadora centrífuga, con el brazo agitador usado para la siembra en el ensayo de Aguilar 2.

RESULTADOS

Las cubiertas de *B. rubens* presentaron una muy buena implantación en cuatro de las seis siembras realizadas: Fernán Núñez 1 y 2 (plantación joven y adulta) y Santa Cruz; con una emergencia rápida, un establecimiento adecuado en toda la anchura de la banda de cubierta y una producción media anual de biomasa aérea de entre 1 y 4 t ha⁻¹ (materia seca), la cual se sitúa en el rango de valores superiores documentados para cubiertas vegetales en olivares comerciales (Vicente, 2017), ver Figura 3. Sin embargo, la implantación en dos de los olivares, Aguilar 1 y 2, no resultó en un establecimiento efectivo de la cubierta de *B. rubens*. Se estudiaron las causas de este fracaso una a una. Se descartó que se pudiera atribuir a un problema químico o de fertilidad de suelo, ya que estos suelos, a pesar de presentar una fertilidad relativamente baja, son similares químicamente a los suelos de las otras fincas (Tabla 3). Además, los ensayos en macetas con suelo procedente de una de esas dos fincas, Aguilar 2, mostraron un crecimiento adecuado de *B. rubens*. También se descartó una baja tasa de germinación de las semillas, después de haber realizado un ensayo de germinación con estas semillas de *B. rubens* tras ser conservadas durante dos años en condiciones no controladas (ni de

temperatura y ni de humedad ambiente). Este ensayo se realizó en un medio compuesto por un 75% de sustrato vegetal estándar mezclado con un 25% de arena de río, en condiciones ambientales al aire libre, obteniéndose sobre 100 semillas un 99% de germinación. Esto es lo que cabría esperar de una especie que produce semillas con una latencia poco exigente en requerimientos térmicos y que se rompe fácilmente al bajar la temperatura a principios de otoño (con un intervalo óptimo de germinación entre 5 y 20 °C), siempre que no falte humedad (Corbineau et al., 1992). La densidad de conejos en el olivar de Aguilar 1 fue similar a la de Fernán Núñez 1, donde la cubierta se implantó adecuadamente. En Fernán Núñez 1 se contabilizó un promedio de 19,5 letrinas km⁻¹ frente a 14,2 letrinas km⁻¹ en Aguilar 1 (Antonio Carpio, comunicación personal). No obstante, Carpio et al. (2017) mostraron en un ensayo en Aguilar 1 y 2, combinando parcelas de exclusión (cercadas) y parcelas abiertas, un daño muy elevado de herbivoría por conejos sobre el establecimiento de *B. rubens* en estos dos olivares, aunque el crecimiento de *B. rubens* durante el año 2013-2014 dentro de las parcelas cercadas fue relativamente bajo (entre 0,5 y 1 t ha⁻¹ de biomasa aérea) en comparación con las otras fincas. En Aguilar 1 y 2 también se midió una elevada compactación del suelo en primavera, con valores promedio de resistencia a la penetración en superficie de 22,5 kg cm⁻² en suelo con humedad cercana a capacidad de campo.

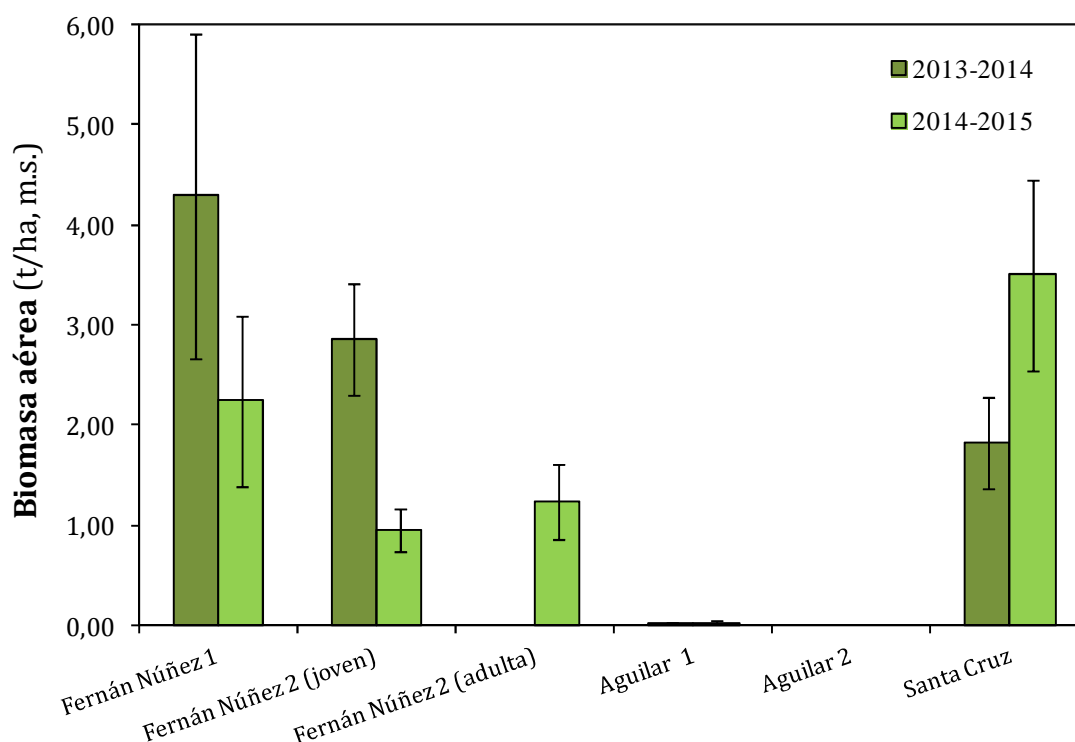


Figura 3: Biomasa aérea (t ha⁻¹ de materia seca) de *Bromus rubens* en cada ensayo. Muestreo realizado a mitad-finales de mayo (cubierta seca).

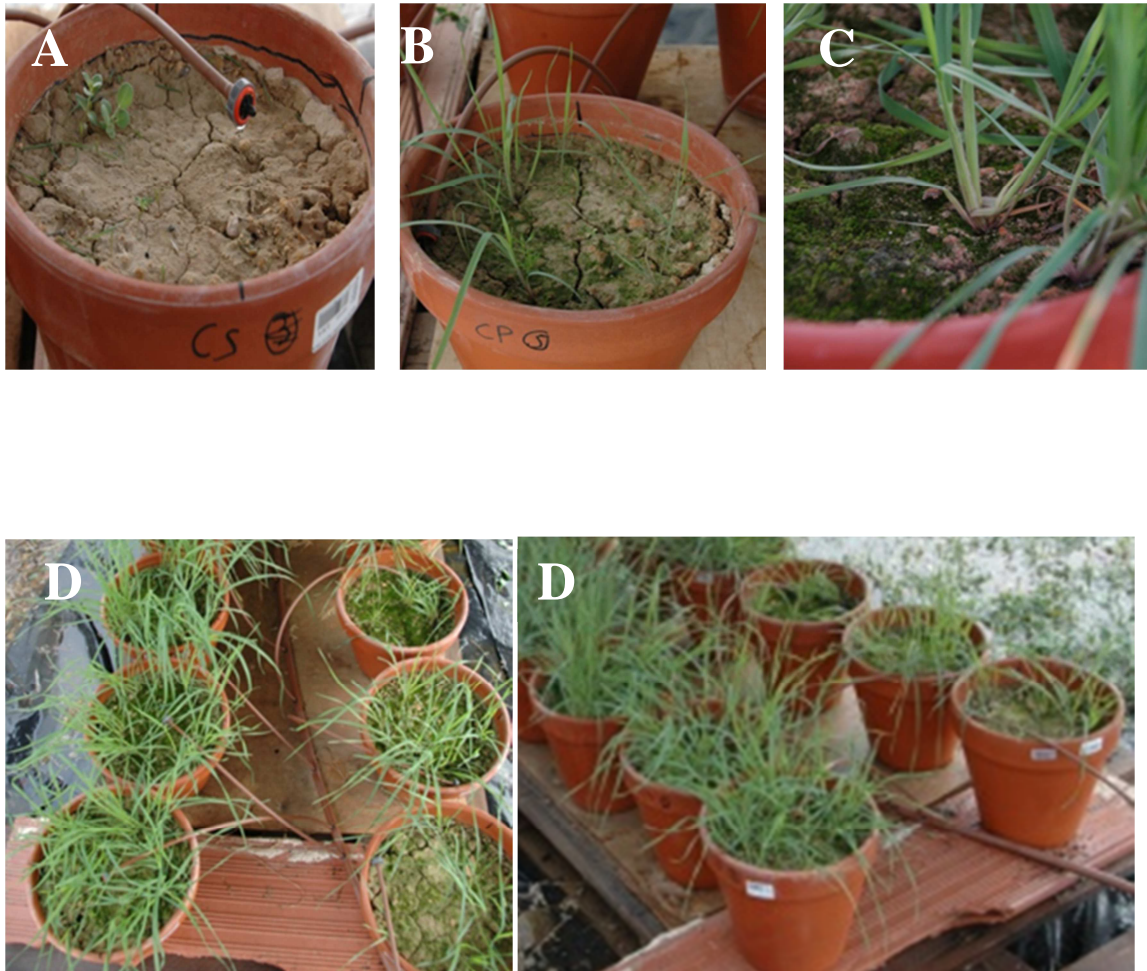


Figura 4: Ensayo de simulación de daños por herbivoría mediante despunte en diferentes estadios de desarrollo de las plantas de *Bromus rubens*. A) Primer corte en fase de plántula; B) Segundo corte en fase de ahijado; C) Tercer corte en el estadio de elongación del tallo principal; D) Supervivencia final: todas las plantas emergidas siguen vivas aunque con menor vigor.

Nuestra interpretación es que este fracaso en la implantación en los ensayos de Aguilar 1 y 2 se debe a una severa degradación de estos suelos por elevada compactación, que ha limitado la capacidad de penetración de las raíces y la disponibilidad de agua en el suelo, combinada con una baja e irregular precipitación en la zona durante estos dos años. A todo esto se ha sumado la presión de herbivoría de conejos, agravada por la ausencia de otra fuente de alimento para los mismos en la zona.

En este estudio se comprobó la capacidad de *B. rubens* para sobrevivir a daños por corte (uno de los efectos de la herbivoría) y completar su ciclo. Esto se hizo en un ensayo en macetas con suelo procedente del olivar Aguilar 2, que fue el que presentó los mayores problemas de implantación. Se dispusieron seis macetas, tres con suelo del horizonte

superficial (0-10 cm) a densidad óptima y otras tres macetas con suelo proveniente del mismo horizonte a la densidad medida en campo (para simular compactación), sembrándose 20 semillas en cada una. Para simular los daños por herbivoría, tras la emergencia se cortaron a ras las plántulas de una de las macetas de cada densidad. Once días después se volvieron a cortar estas plantas y se despuntó una segunda maceta de cada tratamiento y finalmente a los 20 días desde la emergencia de las plántulas se realizó otro corte en todas las macetas. Así, las plantas de las dos primeras macetas sufrieron daños repetidos desde el estadio 1 de plántula, siguiendo la terminología propuesta por Meier (2001), aunque algunas emergieron después del primer corte; las de las segundas a partir del estadio 2 de después del inicio de la fase de ahijamiento y las de las terceras macetas después del inicio de la fase 3 elongación del tallo principal y desarrollo de las hojas. En ningún caso se produjo una pérdida significativa de plantas, tal y como se puede observar en la Tabla 5 y la Figura 4. Esta capacidad de tolerar daños moderados por corte o despunte es una característica muy interesante de *B. rubens* que puede posibilitar su implantación en situaciones de presión moderada de herbivoría, o en las que sea necesaria una siega mecánica a mediados de invierno. Igualmente, explica que se hayan descrito cubiertas de *B. rubens* en otros olivares de la provincia con alta densidad de conejos (M. Jiménez, comunicación personal).

Maceta	Número de plantas			
	Fase de plántula	Fase de ahijamiento	Fase de elongación del tallo principal	Supervivencia final
Densidad óptima 1	9	10	9	9
Densidad óptima 2	10	10	9	9
Densidad óptima 3	11	15	17	17
Compactado 1	5	6	6	6
Compactado 2	10	13	11	11
Compactado 3	6	6	9	9
	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	

Tabla 5: Supervivencia de plantas de *Bromus rubens* sometidas a ensayo de simulación de herbivoría mediante corte a dos densidades diferentes en suelo de la finca Aguilar 2.



Fernán Núñez 2 (plantación joven):
otoño-2013, antes de la siembra.



Fernán Núñez 2 (plantación joven):
mayo-2014.



Fernán Núñez 2 (plantación joven):
mayo-2015.



Aguilar 1: otoño-2013, antes de la
siembra.



Aguilar 1: mayo-2014.



Aguilar 1: mayo-2015.

Figura 5: Vista de la cubierta vegetal (*B. rubens*) en dos de los ensayos (Fernán Núñez 2, plantación joven, y Aguilar 1), en tres momentos de los años agrícolas 2013-2014 y 2014-2015.



Fernán Núñez 1



Fernán Núñez 2 (plantación joven)



Fernán Núñez 2 (plantación adulta)



Aguilar 1



Aguilar 2



Santa Cruz

Figura 6: Vista de la cubierta vegetal en los seis ensayos a finales de febrero de 2017.

El seguimiento de las parcelas hasta el final de la primavera de 2017, sin haber vuelto a realizar ninguna siembra adicional en 2015 y 2016, muestra la confirmación de la tendencia observada los dos primeros años en los diferentes olivares. Una cubierta vegetal de *B. rubens* bien implantada en los ensayos de Santa Cruz y Fernán Núñez 1 y 2 y la ausencia de cubierta en los olivares de Aguilar 1 y 2 (Figuras 5 y 6). En todas estas fincas el control de la cubierta vegetal consistió en un desbroce mecánico a finales de invierno, combinado con tratamiento herbicida en las líneas de árboles. En el caso de Fernán Núñez 2 (plantación adulta) resulta evidente como la cubierta vegetal ha desaparecido en la banda de rodadura de la maquinaria en la calles. Este es un problema en numerosos olivares en pendiente, en los que el paso repetido de la maquinaria acaba en esta situación, creando las condiciones ideales para la erosión en regueros en esas bandas de rodadura. Una posible alternativa para evitar esta situación se presenta en la Figura 7, correspondiente al olivar denominado Fernán Núñez 1. En este caso, en la primera siembra (noviembre de 2013) también se sembró una banda ancha (2,5 m) de *B. rubens* de manera perpendicular a la máxima pendiente, cada 5 calles, con el propósito de controlar la formación de regueros. El manejo de estas bandas requería que en el momento de la aplicación del herbicida en la línea de árboles el aplicador suprimiera la aplicación del producto al llegar a cada una de las bandas perpendiculares de cubierta. Por ello el espaciamiento de una banda ancha cada 5 calles fue una solución de compromiso entre operatividad y efectividad, que en el caso de esta finca parece haber funcionado de manera satisfactoria. En todos los casos de implantación efectiva de una cubierta vegetal en olivar una variable muy importante es la duración del ciclo de la especie, que en el caso *B. rubens*, en las condiciones de siembra en otoño en la provincia de Córdoba, oscila alrededor de 160 días, madurando a finales de abril o principios de mayo (Tabla 6), aunque estudios aún en curso están tratando de precisar la duración del ciclo en función de la variabilidad climática (temperatura). Este ciclo relativamente corto, unido a su elevada capacidad de producción de semilla, con una capacidad de dispersión y germinación elevadas, explican su buena implantación.

Localización	Siembra o Emergencia	Madurez	Días estimados de ciclo
Córdoba¹	29–nov.–2011 (s)	08–may.–2012	161
Santa Cruz	20–nov.–2013 (s)	02– may.–2014	163
Santa Cruz	20–oct.–2014 (e)	29–abr.–2015	191
Adamuz²	01–dic.–2014 (s)	06–may.–2015	155
Córdoba²	10–nov.–2014 (s)	28– abr.–2015	169
Promedio		2 de mayo	162 (s)
Desv. estándar		4,5 días	5,8

Tabla 6: Resumen de fechas de siembra (s) o de emergencia desde autosiembra (e) y de madurez fisiológica, en diferentes ensayos de *Bromus rubens* en la provincia de Córdoba; ¹Aguilera et al. (2012), ²Soriano et al. (2016).

De hecho, permite estrategias flexibles de siembra y manejo en función de las posibilidades de la explotación. En el caso del olivar donde se sitúa el ensayo de Santa Cruz, el propietario implantó una cubierta de *B. rubens* basada en la estrategia que se describe a continuación. En su caso, en otoño de 2015 realizó una siembra de *B. rubens* en diferentes zonas del olivar (que ocupa 41,4 ha) en las que la presencia de *B. rubens* era inexistente, a una dosis aproximada de 20 kg por ha (semilla+residuos). La cubierta vegetal la eliminó a primeros de marzo, mediante aplicación de herbicida, dejando una banda central para que completara su ciclo, que fue desbrozada a finales de mayo y a continuación incorporada al suelo mediante un laboreo superficial con cultivador. Con esa estrategia el olivar presentó una cobertura casi completa en las calles el otoño siguiente. Desde ese momento el manejo es mediante herbicidas a finales de invierno, dejando una banda (2,0-2,5 m) para autosiembra en el centro de las calles, y desbrozado y labor somera de cultivador a finales de primavera y en el verano, que el propietario da con el propósito de cubrir las grietas que se forman en el vertisol (Figura 8) y que ayuda a esparcir la semilla de la banda de cubierta. Otros agricultores han evaluado la propagación de la semilla de *B. rubens* a partir del desbrozado y formación de pacas para su transporte, que después son esparcidas mecánicamente en las zonas de siembra, o bien recogiendo el material que esparce la desbrozadora con alguna bolsa o contenedor adaptado “ad hoc”, para después transportarlo y esparcirlo. Esta segunda vía tiene la particularidad de diseminar menos semilla en la zona de desbroce o siega y permite transportar más porcentaje de semilla a la zona en la que queremos implantar *B. rubens* (M. Jiménez, comunicación personal). La elevada capacidad de propagación del *B. rubens* permite plantear diferentes estrategias de implantación en los olivares a varios años, adaptadas a las disponibilidad de semilla y las características de la explotación.



Figura 7: Vista del olivar Fernán Núñez 1, con la banda de cubierta vegetal perpendicular a la máxima pendiente, en enero de 2014 (arriba) y mayo de 2015 (abajo).



Figura 8: Vista del olivar de Santa Cruz en marzo, agosto y diciembre de 2016.

El propósito de una buena implantación de las cubiertas vegetales es un control efectivo de la erosión hídrica. La Tabla 8 resume las estimaciones de riesgo de erosión realizadas con la Ecuación Universal de Suelo Revisada (RUSLE; Renard et al., 1997) calibrada para olivar (Gómez et al., 2014) para una situación de olivar adulto en la campiña andaluza, con el fin de ilustrar los efectos sobre la erosión. El uso de cubiertas vegetales que solo alcanzan una cobertura de suelo significativa a partir de mediados de invierno, lo que pretende reflejar el escenario CC_{min} , solo ofrecen una reducción marginal del riesgo de erosión con respecto al suelo desnudo con no laboreo, NL, e inapreciable con respecto al laboreo, LC. Las cubiertas vegetales bien implantadas, los escenarios de cubierta sembrada ($CC_{siembra}$) o ya implantada de manera similar a la de *B. rubens* descrita en la Figura 7 (CC_{max}), ofrecen una reducción muy importante de la erosión hídrica, en los valores demostrados experimentalmente en ensayos de erosión a largo plazo (Gómez et al., 2014; Alcántara et al., 2017). En la situación actual, el uso de cubiertas vegetales temporales en olivares en pendientes superiores al 10% ha experimentado un gran avance, debido a la obligatoriedad derivada de las condiciones agroambientales de la Política Agraria Común (MAPA, 2004), pero aún se observan en muchos olivares situaciones similares a las descritas por el escenario CC_{min} . En este contexto, es necesario continuar con los esfuerzos hacia una cubierta autosembrada que emerja con las primeras lluvias de otoño, lo que ofrecerá una protección más efectiva al proporcionar una cobertura del suelo más rápida y efectiva.

Manejo	Pérdida de suelo (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	C	Reducción de riesgo de erosión (% con respecto a NL)
NL	14,4	0,55	0
LC	10,4	0,39	28
CC_{min}	11,6	0,44	20
$CC_{siembra}$	7,1	0,27	50
CC_{max}	2,1	0,08	85

Tabla 7: Estimación de la pérdida de suelo (promedio anual) para las condiciones de un olivar adulto (con un 30% de cobertura de suelo por la copa) sobre un vertisol en una ladera de 200 m de longitud con pendiente del 15%, bajo diferentes sistemas de manejo del suelo. NL: no laboreo con suelo desnudo; LC: laboreo convencional, con 3 pases de cultivador al año; CC_{min} : cubierta vegetal espontánea que alcanza una cobertura máxima del 30%, sembrada a mediados de otoño, segándose químicamente a finales de abril; $CC_{siembra}$: cubierta en bandas sembrada a principios de noviembre, alcanzando una cobertura del 50% y segada químicamente a finales de abril; CC_{max} : cubierta similar al manejo descrito en la Figura 7, alcanzando una cobertura del 80%, con autosiembra, emergiendo a mediados de octubre y segándose químicamente a finales de abril; C: factor de uso y manejo del suelo (RUSLE), que refleja el efecto del manejo sobre el riesgo de erosión (mayor riesgo cuanto mayor valor de C).

Uno de los principales inconvenientes del uso de cubiertas vegetales temporales en el olivar es el riesgo potencial de competencia por el agua con el olivo, si estas no se controlan adecuadamente a principios de primavera. La Figura 9 muestra las diferencias en la humedad del suelo en el ensayo de Santa Cruz, que se trata de un olivar en secano, entre los tratamientos con cubierta o de suelo desnudo durante la campaña 2013-2014 (primer año del ensayo). Se aprecia un menor contenido de agua en el suelo desde principios de primavera en los tratamientos con cubierta de *B. rubens*, atribuible al consumo de agua por la cubierta vegetal. Aunque en este caso en particular, por la combinación de suficiente agua almacenada en el suelo al final del invierno (Figura 8) y lluvia en primavera, elevada profundidad del suelo y tamaño aun relativamente pequeño de los árboles (plantados en 2007), esta menor humedad no se tradujo en una menor cosecha (promedio de 9,4 t ha⁻¹ de aceitunas), este riesgo potencial está siempre presente y un control adecuado de la cubierta vegetal a final de invierno-principios de primavera que sea compatible con una autosiembra en la campaña siguiente es imprescindible.

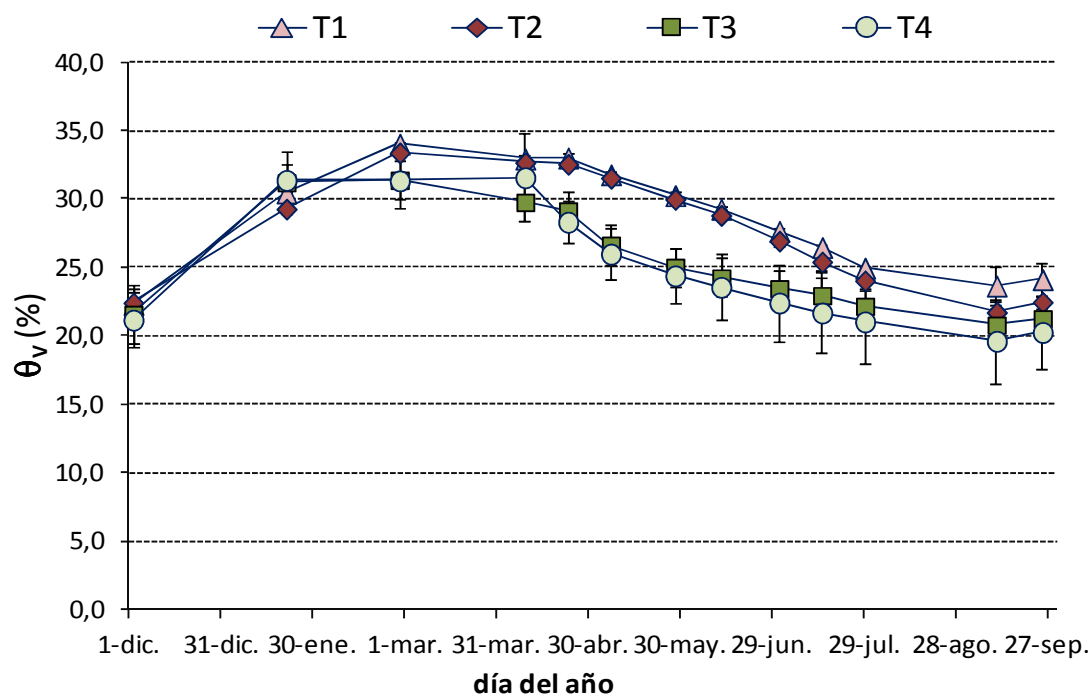


Figura 9: Evolución de la humedad volumétrica del suelo (%; valores promedio hasta 2,1-m profundidad) durante la campaña 2013-2014 en Santa Cruz. T1 y T2 son tratamientos con suelo desnudo (T1 sin labrar y T2 labrado en verano), y T3 y T4 son tratamientos con cubierta vegetal (T3 sin labrar y T4 labrado en verano). Tomada de Cabezas et al. (2016).

En los casos presentados en este trabajo resulta aparente que *B. rubens* ha mostrado el potencial y la plasticidad para adaptarse a diferentes estrategias que han permitido establecer una cubierta vegetal efectiva compatible con la función principal del olivar

que es la producción de aceituna, en las condiciones relativamente benignas de vertisoles en la zona media del Valle del Guadalquivir. Las características de *B. rubens* comentadas en este trabajo sugieren que esta especie tiene el potencial para poder implantarse en otros ambientes donde se cultiva el olivar en España, aunque será necesario la adaptación a las condiciones particulares de cada explotación, en términos de suelo, clima y manejo. También parece claro que en condiciones de elevada degradación del suelo, por baja fertilidad y elevada compactación del suelo, combinado con alta presión de herbivoría su implantación puede ser difícil. En estos casos es necesario un enfoque diferente del presentado en este trabajo. Este enfoque debería contemplar de manera combinada la restauración físico-química del suelo, un control de la herbivoría en la medida de lo posible y el uso de cubiertas de especies menos palatables. Conviene recordar que se debe prestar la mayor atención al uso de semilla que provenga de zonas libres de plagas y enfermedades que pudieran ser transmitidas por la semilla, por lo que un conocimiento claro de su origen, además obviamente de la calidad de la misma y de su procesado, es fundamental.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta varios ejemplos de una implantación efectiva de *Bromus rubens* como cubierta vegetal en olivares de riego y secano situados en diferentes suelos en la zona media del Valle del Guadalquivir, en la provincia de Córdoba; así como ejemplos de fracasos en su implantación. Se pone en perspectiva el impacto que la implantación de cubiertas vegetales efectivas tiene sobre la reducción de la erosión hídrica, indicando claramente la necesidad de ofrecer una cobertura efectiva del suelo lo antes posible en otoño. En este contexto, especies como *B. rubens* presenta el potencial de ser una alternativa para situaciones en las que la vegetación adventicia u otras especies no son capaces de proporcionar esa cobertura. Aunque es necesario seguir trabajando en algunos aspectos aún no resueltos, como poder ofrecer semilla a un precio más asequible o un conocimiento más detallado de su fenología, la información disponible a fecha de hoy (y que se resume en este trabajo) puede permitir a los agricultores estructurar diferentes estrategias de implantación de *B. rubens* adaptadas a diferentes condiciones de manejo y posibilidades de la explotación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a los proyectos AGL2012-40128-C03-01, AGL2015-65036-C3-1 (MINECO, Gobierno de España), P12-AGR-931 (Consejería de Innovación ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía) y fondos FEDER (UE). También queremos agradecer muy especialmente la colaboración de D. Manuel Jiménez, pionero en el uso de *B. rubens* en olivar, y la colaboración y apoyo de los propietarios y personal de todas las fincas participantes, sin los cuales este trabajo no habría sido posible.

REFERENCIAS

Aguilera, L., Gálvez, C., Taguas, E.V., Gómez, J.A. 2012. Caracterización de nuevas cubiertas vegetales para control de la erosión en cultivos leñosos. Actas del VI Congreso Iberoamericano de Control de Erosión. Granada, 1–4 de octubre de 2012.

Alcántara, C., Soriano, M.A., Saavedra, M., Gómez, J.A. 2017. Sistemas de Manejo del Suelo. En: El Cultivo del Olivo, 7ª edición; Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.). Mundi-Prensa. Madrid.

Anthos 2017. Sistema de información sobre las plantas de España. Real Jardín Botánico de Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Cabezas, J.M., Gómez, J.A., Soriano, M.A. 2016. Dinámica hídrica de un vertisol en un olivar de secano bajo distintas prácticas de manejo del suelo. Actas del I Congreso Ibérico de Olivicultura. Badajoz-Helvas, España-Portugal, 13-15 de abril de 2016.

Carpio, A.J., Soriano, M.A., Guerrero-Casado, J., Tortosa, F.S., Lora, A., Gómez, J.A. 2017. Evaluation of an unpalatable species (*Anthemis arvensis*) as an alternative cover crops in areas with a high grazing pressure by rabbits. *Agriculture Ecosystems and Environment* 246: 48-54.

Corbineau, F., Belaid, D., Come, D. 1992. Dormancy of *Bromus rubens* seeds in relation to temperature light and oxygen effects. *Weed Research* 32: 303-310.

Gómez, J.A., Giráldez, J.V. 2009. Erosión y degradación de suelos. Sostenibilidad de la Producción de Olivar en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160963Sostenibilidad_agraria.pdf

Gómez, J.A., Infante-Amate, J., González de Molina, M., Vanwalleghe, T., Taguas, E.V., Lorite, I. 2014. Review: Olive Cultivation, its Impact on Soil Erosion and its Progression into Yield Impacts in Southern Spain in the Past as a Key to a Future of Increasing Climate Uncertainty. *Agriculture* 4: 170-200. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2077-0472/4/2/170>

Gómez, J.A., Campos, M., Guzmán, G., Castillo-Llanque, F., Vanwalleghe, T., Lora, A., Giráldez, J.V. 2016. Soil erosion control, plant diversity and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. *Environmental Science and Pollution Research* (en prensa). DOI 10.1007/s11356-016-8339-9

IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Roma.

MAGRAMA 2013. Encuesta sobre superficie y rendimiento de los cultivos. Análisis de las técnicas de mantenimiento de los suelos y de los métodos de siembra en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). Madrid.

MAPA 2004. Real Decreto 2352/2004, de 23 de diciembre, sobre la aplicación de la condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la Política Agraria Común. BOE 309, Madrid.

Meier, U. (Coordinador) 2001. Estadios de las plantas mono- y dicotiledóneas. BBCH Monografía. 2ª Edición. Grupo de Trabajo BBCH. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. Alemania.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Handbook N°. 703, US Department of Agriculture.

Ruiz de Castroviejo, J. 1969. Explotación de olivares en asociación con trébol subterráneo. Agricultura 443: 135-139.

Soler, C., Casanova, C., Rojo, A. 2004. Desarrollo de cubiertas vegetales a partir de gramíneas seleccionadas, para su explotación en olivar. II Congreso de Mejora Genética de Plantas. León. Actas de Horticultura 41: 97–100.

Soriano, M.A., Cabezas, J.M., Gómez, J.A. 2016. Caracterización de nuevas cubiertas vegetales mono y multiespecíficas para olivar. Actas del I Congreso Ibérico de Olivicultura. Badajoz-Helvas, España-Portugal, 13-15 de abril de 2016.

Vicente, J.L. 2017. Secuestro de carbono orgánico en suelos de olivar andaluz: efecto de los manejos en la dinámica del carbono orgánico en el suelo. Tesis Doctoral. Universidad de Jaén.